

PEMBANGKITAN DATA ACAK TERSEBAR *DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM* PADA LAJU DATA BERKECEPATAN RENDAH UNTUK APLIKASI TEKNOLOGI *CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS*

Budi Herdiana, Muhammad Aria, Jana Utama

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, UNIKOM
Jl. Dipati Ukur No. 102 – 116 Bandung, 40132

Email: budi.herdiana@email.unikom.ac.id, muhammad.aria@email.unikom.ac.id,
jana.utama@email.unikom.ac.id

Abstrak -- Salah satu kelebihan utama sistem komunikasi *Spread Spectrum* adalah kemampuannya mengirimkan data informasi disertai kode-kode unik sehingga hanya perangkat penerima tertentu saja yang mampu mendeteksinya. Sangat banyak metode pembangkitan kode unik pada *spread spectrum* ini, salah satunya adalah *direct sequence*. Penerapan metode ini banyak direalisasikan pada teknologi CDMA, dikarenakan kesederhanaan rancangan dan relatif mudah dalam menganalisis karakteristik kerja sistemnya, terutama bagian sebaran kode unik pada sebuah lebar pita transmisi radio. Sumber kode unik dalam penelitian ini berasal dari data acak yang dihasilkan oleh pembangkit derau semu atau *pseudo noise generator* melalui pengaturan panjang kodenya sebesar 16, dengan tingkat kestabilan frekuensi sistem pembangkit kode unik dan frekuensi pembawa masing-masing sebesar 15,020 kHz dan 499,9419 kHz. Kedua frekuensi ini masing-masing menghasilkan nilai persen kesalahannya sebesar 0,0412 % dan 0,000049 %, sehingga dampaknya masih cukup baik bagi metode ini, apabila diimplementasikan pada teknologi CDMA, khususnya diperuntukan untuk laju kecepatan data rendah.

Kata Kunci: *Spread spectrum, pseudo noise generator, CDMA, kode unik, direct sequence*

Abstract -- One of the main advantages *spread spectrum* communication system is ability to transmit data information with a unique codes and certain receiving device can detected only. More method of generating a unique code in the *spread spectrum* that one called as *direct sequences*. Application of this method is especially realized to CDMA technology due it simplicity design and easy to analyze characteristics related with distribution of unique codes on a radio transmission bandwidth. The original of this source code came from random data who generated by a *pseudo noise* or *pseudo noise generator* through controlling has code length of 16 with frequency stability generator are 15.020 kHz and carrier frequencies are 499.9419 kHz where both of these produces a value of 0.0412% percent error for clock frequency *pseudo noise* and 0.000049% percent error for carrier frequency stability and effect of this method is still good to implemented on CDMA technology low data rate.

Keyword: *Spread spectrum, pseudo noise generator, CDMA, unique codes, direct sequence*

PENDAHULUAN

Teknologi *Spread Spectrum* cukup berkembang sejalan kebutuhan akan sistem komunikasi yang mampu mengatasi masalah terkait dengan kerahasiaan informasi dan gangguan seperti interferensi dan *jamming*. Sistem komunikasi ini terbentuk dari suatu teknik penebaran sinyal informasi melalui sebuah kode unik yang dikirim bersamaan sehingga pita transmisi menjadi lebih lebar dari lebar pita sinyal informasinya. Sedangkan dalam proses penebarannya dilakukan oleh sebuah kode penebar noise semu yang dinamakan *pseudo noise* yaitu dengan cara menambahkan secara langsung kode penebar tersebut pada sinyal informasinya. Karena itu, metoda ini dinamakan sebagai *direct sequence spread spectrum* (Falahati dan Sanandaji, 2016) (Grover, 2016).

Umumnya teknologi komunikasi *spread spectrum* dibedakan oleh 3 elemen penting yaitu: lebar pita, penyebaran pita dan perangkat penerimanya. Lebar pita transmisi lebih lebar dari lebar pita yang dibutuhkan untuk mengirimkan informasi sebagai nilai keunggulan yaitu memiliki ketebalan terhadap interferensi dan *jamming*. Sedangkan penyebaran pita transmisi dilakukan dengan bantuan kode-kode unik yang *independent* terhadap datanya. Serta, pada perangkat penerimanya dipaksa harus mampu mensinkronisasikan dengan kode-kode unik yang dikirim untuk proses *recovery* data.

Permasalahan saat *recovery* data menurut Lina E. Atalabani (2015) adalah timbulnya *noise error* yang bersesuaian dengan peningkatan BER, akibat menurunnya SNR karena informasi selalu terkirim dalam laju data yang tinggi. Sedangkan

menurut (Youssef *et.al*, 2009) efek *multipath* mampu meningkatkan waktu tunda (*delay*) yang berdampak pada meningkatkan probabilitas kesalahan bit di sisi penerima. Pendapat ini diperkuat lagi oleh Pravin (2015) yang meneliti adanya keterkaitan antara jumlah register geser pada sistem *maximal length pseudo noise* sebagai sumber pembangkit kode-kode acak terhadap meningkat atau menurunnya *code rate*, sebagai acuan utama dalam mendeteksi adanya tidaknya kesalahan bit atau BER.

Pendekatan *Residue Number System* yang ditawarkan oleh (Youssef *et.al*, 2009) yang kemudian dikembangkan lagi oleh Alatabani dan Abdalla (2015) dimana perbaikan kesalahan bit dapat dilakukan dengan menerapkan pendekatan metoda *direct sequence spread spectrum*. Caranya dengan SNR dan laju data ditetapkan pada level rendah kemudian menurunkan panjang pengkodean di bagian *maximal length pseudo noise* melalui pengurangan jumlah register pada sistem *linear feedback shift register* (LFSR). Sehingga pembangkitan data acak pita tersebar pada laju rendah dengan efisiensi bandwidth yang lebih baik dapat direalisasikan tanpa menimbulkan kesalahan bit yang besar.

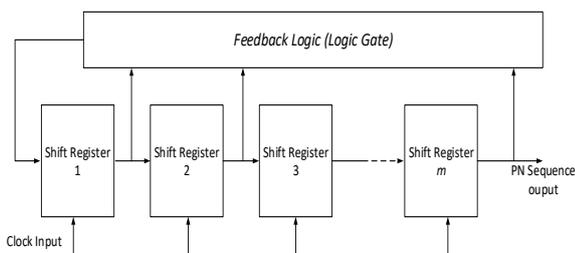
METODA PENELITIAN

Spread Spectrum

Sumber utama sistem pembangkit pada komunikasi spread spectrum adalah adanya data acak derau semu atau pseudonoise random yang dibangun dari deretan register geser (*shift register*) dan sebuah memori logic (*feedback logic*) sebagai fungsi penyebar data acak kode unik yang memiliki urutan panjang kode unik sebesar (Torrieri, 2005) (Ziemer, 2007).

$$N = 2^m - 1 \tag{1}$$

dimana *m* menunjukkan jumlah register geser yang secara sistem, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembangkit urutan data tersebar kode unik dengan *m* register geser

Kode-kode unik yang digunakan pada metoda *direct sequence* memiliki sifat acak berulang secara periodik (*pseudo random*) atau disebut *pseudo noise* (PN). Dampaknya adalah dapat

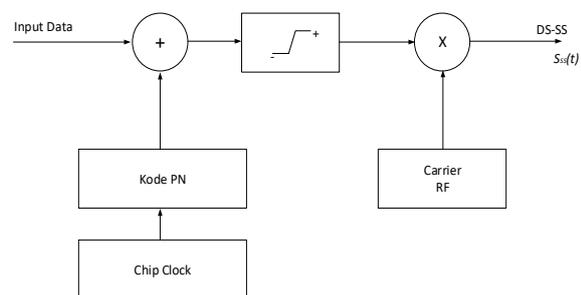
meningkatkan kapasitas yang secara tidak langsung meningkatkan lebar pita transmisi sesuai dengan pendekatan teori kapasitas Shannon yang menyatakan pada Persamaan (2), bahwa:

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \tag{2}$$

Tetapi, dari Persamaan (2) ini juga dapat dinyatakan bahwa untuk penerapan pada komunikasi spektrum tersebar (*spread spectrum*), kapasitas kanal transmisi dapat dibuat tetap pada level daya *noise* yang tinggi (*S/N* rendah) dengan cara memperbesar lebar pita transmisi. Dampaknya, jika lebar pita ini diperlebar dua kali, maka kapasitas kanal *C* akan meningkat dua kalinya, dengan asumsi bahwa *S/N* bernilai tetap.

Shannon juga menjelaskan bahwa sebuah kanal transmisi dapat mengirimkan data informasi dengan probabilitas kesalahan yang kecil, apabila pada informasi terkirim tersebut dilakukan pengkodean yang tepat dengan laju kecepatan transmisi informasi tidak melebihi kapasitas kanal, meskipun kanal tersebut memuat derau acak. Hal ini menunjukkan bahwa *spread spectrum* dapat bekerja pada keadaan daya *noise* yang tinggi dan memiliki probabilitas kesalahan transmisi yang kecil.

Direct sequence spread spectrum (DS-SS) merupakan sebuah penyebaran data informasi oleh kode penyebar secara langsung yang kemudian ditebarkan pada suatu spektrum transmisi tertentu melalui proses modulasi. Salah satu yang banyak digunakan adalah jenis modulasi *phase binary*.



Gambar 2. Blok diagram DS-SS dengan modulasi binary phase

Gambar 2 menggambarkan sebuah sistem DS-SS untuk akses pengguna tunggal (*single user*) yang direpresentasikan sebagai Persamaan (3) (Torrieri, 2005):

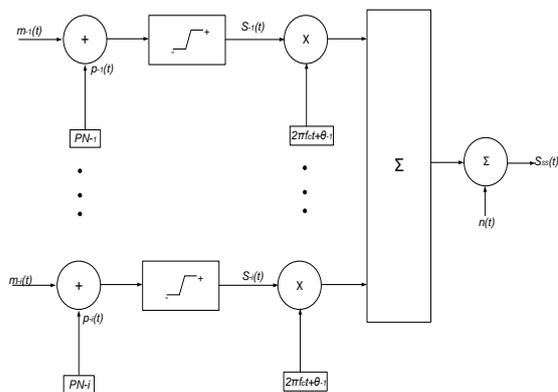
$$S_{ss}(t) = \sqrt{\frac{E_s}{T_s}} m(t)p(t) \cos(2\pi f_c t + \theta) \tag{3}$$

dimana *m(t)* menyatakan urutan data masukan, *p(t)* menyatakan PN kode penyebar, *f_c* frekuensi

pembawa dan θ menunjukkan sudut fase pembawa. Sedangkan bagi pengakses jamak (*multi users*) dapat direpresentasikan sebagai Persamaan (4) (Torrieri, 2005):

$$S_i(t) = \sqrt{\frac{E_s}{T_s}} m_i(t) p_i(t) \cos(2\pi f_c t + \theta_i) \quad (4)$$

Secara sistem Persamaan (4) ini dapat digambarkan ke dalam sebuah skema dasar blok sistem akses jamak, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok digram DS-SS dengan i -th akses pengguna

Ada beberapa keunggulan dengan diterapkannya sistem komunikasi *spread spectrum* melalui implementasi metode *direct sequence*. Keunggulan pertama adalah kerahasiaan terjamin, dimana keamanan informasi yang terkandung dalam sinyal *spread spectrum* mengandung format transmisi berupa kode unik yang menyebabkan informasi yang dikirim tidak dapat ditangkap oleh penerima yang tidak mengetahui pola kode yang digunakan pengirim. Keunggulan kedua adalah mampu menekan interferensi dan *jamming*, dimana kemampuan menekan interferensi mendasari penciptaan dan pengembangan sistem *spread spectrum* ini. Sedangkan keunggulan ketiga adalah daya yang rendah, sinyal yang dikirimkan dapat dioperasikan pada daya yang lebih rendah. Sinyal yang dipancarkan dengan daya rendah memberikan keuntungan dalam hal mengurangi terjadinya interferensi pada sistem-sistem lain. Pengoperasian pada daya rendah adalah sifat yang timbul akibat perluasan *bandwidth* ini. Ini juga merupakan ciri khas dari sistem komunikasi *spread spectrum* pada umumnya.

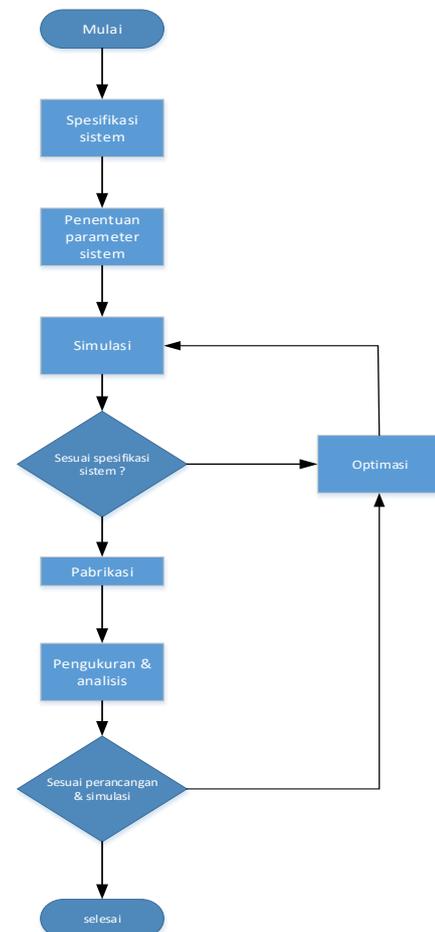
Algoritma Perancangan

Penerapan teknik *direct sequence* dalam merealisasikan sistem adalah lebih mudah menganalisis dibanding teknik lain. Hal ini terkait

karakteristik data yang disebar pada jangkauan spektrum khususnya untuk data berkecepatan rendah serta kemampuan mengurangi atau menekan *interferensi* dan *jamming* terjadi pada sisi *despreading*. Proses ini dilakukan guna mengkorelasikan sinyal *spread spectrum* dengan kode noise semu pada penerima. Apabila kode noise semu ini identik dan sefase dengan kode pengirim, maka proses *despreading* terjadi sehingga sinyal transmisi kembali ke keadaan *bandwidth* semula.

Sinyal interferensi dan *jamming* ikut dikorelasikan dengan kode PN penerima dan yang terjadi bukanlah proses *despreading* melainkan *spreading*. Sebab, spektrum sinyal interferensi dan *jamming* ditebarkan lagi pada *spectrum* frekuensi kode noise semu di sisi penerima yang lebar. Penekanan sinyal interferensi dan *jamming* dengan metoda *direct sequence* ini dapat dilakukan juga dengan cara lain yaitu menebarkan kode unik pada *bandwidth* yang lebar dan mencupliknya sebagian pada *bandwidth* yang sempit.

Adapun algoritma perancangan sistem diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alur perancangan sistem

Langkah simulasi merupakan tahapan awal sebelum terealisasinya sistem sebelum dipabrikasi. Selain itu, simulasi juga bertujuan memperhitungkan dan menganalisis hasilnya sebagai rujukan agar dalam tahapan pabrikasinya nanti tidak melenceng jauh sesuai perancangan. Simulasi dilakukan menggunakan program software aplikasi Matlab 2009 Ra.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa hasil pengujian dan analisis sistem yang dirancang terdiri dari beberapa sub sistem antara lain:

Pembangkitan Informasi Data Acak

Pseudo random Generator merupakan sistem yang mewakili suatu pembangkitan data acak bertujuan untuk mempermudah dalam menganalisis karakterisasi data masukan dari sumber data dalam format sinyal 0 dan 1. Tahapan awal pembangkitan informasi data acak semu ini dengan cara mengendalikan parameter frekuensi pada bagian pewaktuan menggunakan formulasi Persamaan (5).

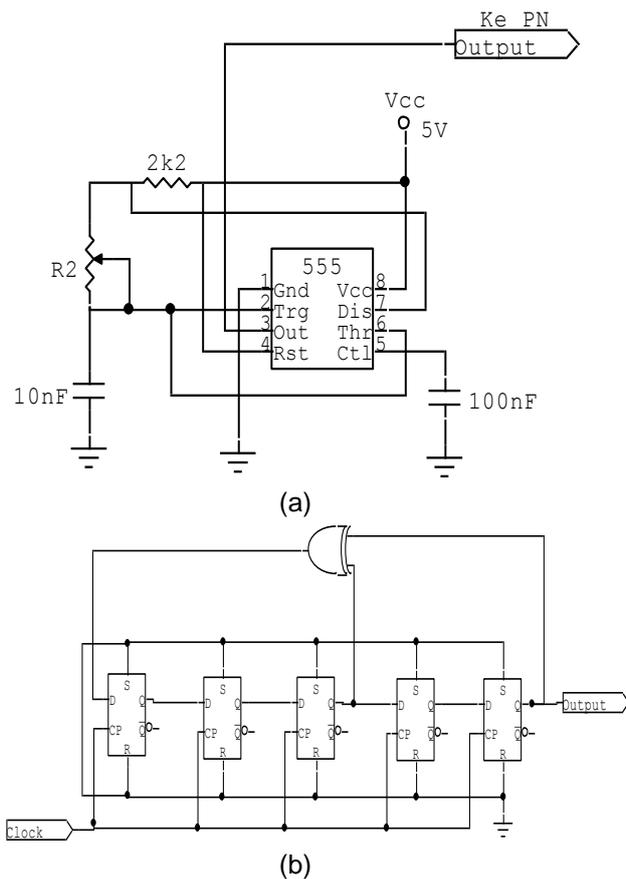
$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) \times C_1} \tag{5}$$

Nilai frekuensi pewaktuan ini dikendalikan oleh salah satu dari komponen kapasitor C_1 atau tahanan R_1 dan R_2 . Kemudian dengan menentukan deretan kode semu terpanjang sebesar $N = 2^{5-1} = 2^4 = 16$ dimana N ini menunjukkan jumlah register geser yang digunakan. Maka, didapatkan laju kecepatan data informasi masukan seperti yang tercantum pada Tabel 1.

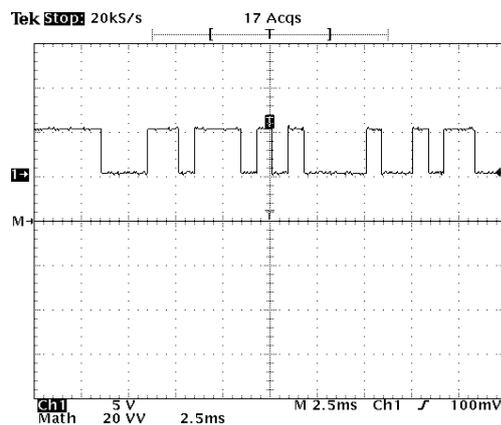
Tabel 1. Laju kecepatan data informasi masukan Pseudo random generator (PRG)

| Sampel ke- | Panjang kode | Frekuensi (Hz) | Laju data (bps) |
|------------|--------------|----------------|-----------------|
| 1 | | 100 | 200 |
| 2 | | 200 | 400 |
| 3 | $N = 5$ | 300 | 600 |
| 4 | | 400 | 800 |
| 5 | | 500 | 1000 |

Data pada Tabel 1 diperoleh dari hasil simulasi pemodelan rangkaian yang diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil pengamatan dan simulasi keluaran sistem PRG ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Model rangkaian pembangkit informasi data acak semu masukan: (a). Clock (b). PRG



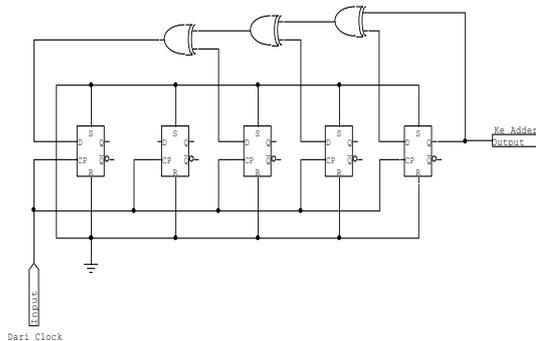
Gambar 6. Bentuk sinyal keluaran sistem pembangkitan data acak masukan

Pembangkit Kode Pseudo Noise (PN)

Uji coba pengukuran sistem PN dilakukan dengan frekuensi *clock* ditingkatkan sebesar 15 kHz. Kemudian, diintegrasikan dengan rangkaian *Pseudo Noise*, guna menyebarkan informasi data acak masukan dengan laju data berkecepatan

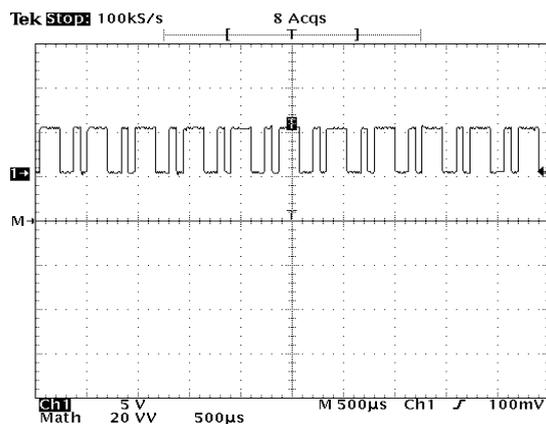
tinggi dalam format level sinyal *polar* atau *unipolar*. Sinyal ini mengandung kode-kode unik, dimana *chip* sebagai sumber penyebar sinyal informasi yang digunakan untuk membedakan antara kanal atau pengguna satu sama lainnya.

Model sistem PN ini terbangun dari rangkaian D-Flop tersusun 5 buah dengan panjang deret semu sebesar $N = 16$ disertai deretan pengacak gerbang XOR yang tersusun sebanyak 3 buah. Adapun model rangkaian pembangkit kode PN ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian pembangkit kode penyebar derau semu (*Pseudo Noise Code*)

Hasil pengamatan dan simulasi dari keluaran sistem PN ini ditunjukkan pada Gambar 8.

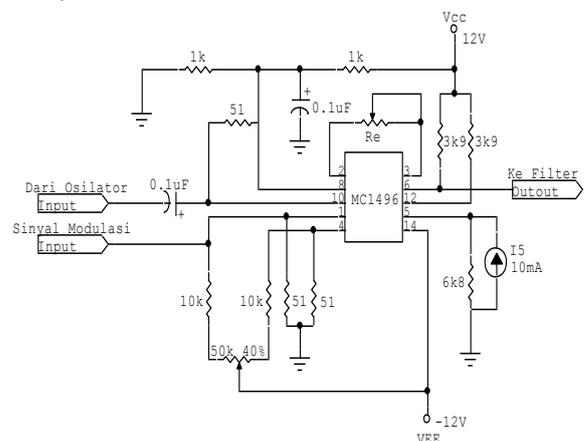


Gambar 8. Bentuk sinyal kode penyebar derau semu (*pseudo noise*) pada metode *direct sequence spread spectrum*

Bentuk sinyal kode penyebar pada Gambar 8 merupakan deretan sinyal acak dalam tampilan mirip dengan *noise* yang digunakan untuk menyebarkan data informasi pada suatu pita transmisi dengan tingkat kelajuan data tertentu dan *range* frekuensi antara 0 Hz- 15 kHz. Pada Gambar 8 tersebut, terlihat bahwa frekuensi yang diukur adalah sebesar 7,692 kHz. Ini menunjukkan bahwa ada perubahan nilai laju data dan frekuensi tetapi masih di dalam *range* frekuensi 15 kHz dan panjang kode penyebarannya.

Modulator BPSK

Uji coba pengukuran model modulator yang digunakan adalah modulator BPSK yang diseimbangkan dengan 2 masukan, yaitu data biner acak tersebar dan sinyal pembawa RF. Model rangkaian modulator ini menghasilkan sinyal termulasi digital dengan sinyal pembawa yang ditekan (*suppressed carrier*). Hal ini dimaksudkan agar mengefisienkan menggunakan lebar pita transmisinya. Adapun model rangkaian yang disimulasikan ditunjukkan Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Modulator BPSK untuk pembangkitan modulasi *direct sequence spread spectrum* (DSSS)

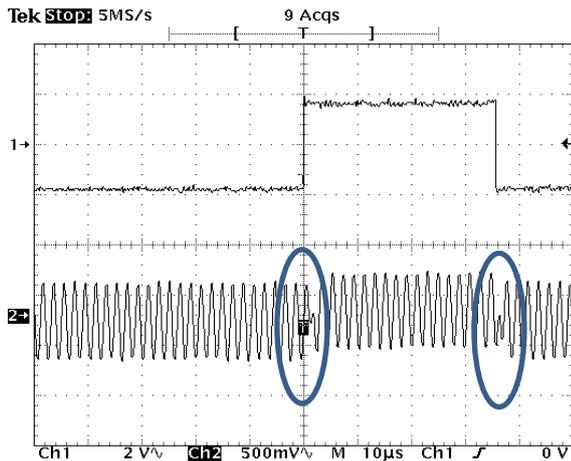
Dengan penguatan modulasi, keluarannya dapat diatur dan ditentukan dari hubungan Persamaan (6).

$$R_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_e} \quad (6)$$

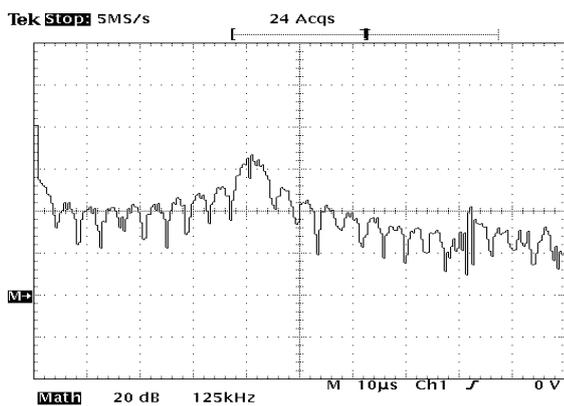
Hasil pengukuran modulator DSSS ditunjukkan oleh Gambar 10.

Sinyal keluaran dari modulator DSSS di atas merupakan sinyal *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Setiap perubahan nilai biner 0 dan 1 akan mengalami perubahan *phase* sinyal DSSS dimana ini merupakan ciri tampilan visual sinyal dari metode *direct sequence*.

Sedangkan bentuk sebaran data masukan pada pita frekuensi transmisi 500 kHz menunjukkan bahwa spektrum akan tersebar di sepanjang frekuensi pembawa 500 kHz dengan rentang yang luas dan hal ini berdampak pada meningkatnya *bandwidth* seiring dengan semakin panjangnya rentetan data yang disebarkan oleh rangkaian penyebar (*spreader*) melalui pengendalian nilai N dan clock.



(a)



(b)

Gambar 10. Bentuk sinyal dan spektrum tersebar keluaran modulator DSSS

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, spektrum tersebar terjadi di sepanjang frekuensi pembawa RF dengan rentang lebih lebar dari pita frekuensinya yang berarti bahwa *bandwidth* akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin panjangnya bit informasi yang disebarkan oleh *spreader*. Kemudian, nilai kestabilan frekuensi *clock* PRG rata-rata menghasilkan probabilitas kesalahan sekitar $6,03 \times 10^{-5}$ dan mempunyai persentase kesalahan sekitar $4,89 \times 10^{-4} \%$, sehingga *clock* ini dikatakan baik. Kecepatan data yang dihasilkan adalah sebesar dua kali frekuensi *clock*-nya. Selain itu, dapat dikatakan bahwa nilai kestabilan *clock* 15 kHz rangkaian PN dan frekuensi pembawa 500 kHz adalah 15,020 kHz dan 499,9419 kHz dengan persentase kesalahan masing-masing sebesar 0,0412 % dan 0,000049 % yang menunjukan masih relatif baik model sebaran spektrum metode *direct*

sequence untuk mendukung sistem komunikasi nirkaber berbasis CDMA.

REFERENSI

- Falahati, A., and Sanandaji, N. Nested and interleaved direct sequence spread spectrum to enhance CDMA security and bit error rate performance. *International Journal of Communication System*. 2016; 29:1907–1915. <http://dx.doi.org/10.1002/dac.3151>.
- Grover, D. K. Overview on Spread Spectrum Telecommunication. *Digital Signal Processing*. 2016; 8 (1): 1-6.
- He, Xiandeng, Fei Changxing, and Yi Yunhui. Despreader for Direct Sequence Spread Spectrum System and Its Performance Analysis. *Trans Tianjin University and Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2010; 16 (4): 275-278. <http://dx.doi.org/10.1007/s12209-010-1353-y>
- Lee, Dongwook., Hun Lee, and Laurence B Mailstein. Direct Sequence Spread Spectrum Wals-QPSK Modulation. *IEEE Transaction on Communications*. 2008; 46(9): 1227-1232. <http://dx.doi.org/10.1109/26.718564>
- Alatabani, L. E. dan Abdalla, A. G., FHSS, DSSS, and Hybrid DS/FH Performance Evaluation for VSAT. *International Journal of Scientific and Technology Research* 2015; 4 (09): 58-62.
- Pravin Waghmare. Performance Evaluation of DSSS and FHSS Using Modulation Technique. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*. 2015; 3 (10): 9150-9156. <http://dx.doi.org/10.15680/IJIRCCE.2015.031006>
- Todorovic, B. M. and Vladimir, R. O. An Application of Direct Sequence Spread Spectrum to Unmanned Aerial Vehicle PPM Control Signal Protection. *IEEE TELSIIKS 9th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service*. 2009; 583-586. <http://dx.doi.org/10.1109/TELSKS.2009.5339440>
- Torrieri, D. *Principles of Spread Spectrum Communication Systems*. Spinger Science and Business Inc. 2005: 55-127.
- Youssef, M.I. Direct Sequence Spread Spectrum Technique with Residue Number System. *International Journal of electrical and Electronics Engineering*, 2009; 3 (4): 223-230.
- Ziemer, Rodger E. *Fundamentals of Spread Spectrum Modulation-Synthesis Lecturers on Communication*. Morgan and Claypool Publishers. 2007: 3-62.